

# 应用特征分析法预测松辽盆地南部 扶余油层岩性油藏分布区

潘源敦 李树森 刘伯土

(地质矿产部石油地质综合大队)

本文应用特征分析方法,以松辽盆地北部三肇地区扶余油层岩性油藏为模型区,选择7个有意义的地质变量,建立了岩性油藏的最优模型公式,并用此最优公式预测松辽盆地南部扶余油层,圈出了乾安至四克吉和英台地区两块岩性油藏分布有利区。

## 一、问题的提出

松辽盆地南部已发现的油藏绝大多数为构造圈闭油藏,埋深浅于1500 m,孔渗条件较好。超过1500 m埋深的地区占有利远景区面积的52%,储层孔隙度约10%,空气渗透率小于1 mD。近几年来,该区在非背斜油藏的勘探方面取得了喜人进展,发现了泥岩裂隙型、岩性上倾尖灭型及构造岩性型油藏。如果能进一步从区域上预测这类油藏的分布状况,将会提高勘探成功率。

## 二、特征分析法简介

特征分析是一种多元统计分析方法,1977年由Bothol等提出。这一方法包括四个步骤:

1.划分预测区块,确定模型区,根据预测区和模型区的具体地质条件确定与岩性油藏有关的变量。这些变量可以是定性的或定量的、连续的或离散的,可从地质图、各种地化图件、沉积环境图件中取得。预测区块一般为网格化的面积相等的方块或长方块。网格的取值可规定以中心点位置的地质特征值为代表,也可以用四个结点的平均值为代表。

2.变量的布尔转换。布尔表达式是一种三元逻辑表达式,即“1”、“0”、“-1”。“1”表示变量对研究的问题(如岩性油藏)有利,“-1”则相反,“0”表示意义不确定。对二维连续变量(在各种等值线图取得变量值),二阶方向导数为负值,是高异常,取+1;二阶方向导数为正值,是低异常,取-1;二阶方向导数为0,为无异常,取值为0。

3.建立最优模型公式。一个单元能取得很多地质变量,但对某类油藏(如岩性油藏)而言,各地质变量的重要性——权是不等的。找到一个含权系数的表达式的过程称为

建立最优模型公式。最优模型公式是通过模型单元的逻辑变量矩阵而构造的，有三种构造方式：平方和法、乘积矩阵主分量法和匹配概率矩阵主分量法。它们是从不同角度对模型单元各个变量的相互依存关系（关联）进行分析，确定各个变量在该类型油藏中的重要性——权，从而提供筛选出变量、构造预测统计模型的依据。一般是选择权大的前  $n$  个变量，构成线性组合：

$$y = \sum_{i=1}^n a_i x_i$$

式中： $x_i$ ——变量的三元逻辑值，

$a_i$ ——变量的权系数，

$y$ ——单元的关联值。

4. 预测区评价。将预测单元各变量的三元逻辑值代入最优模型公式，得到各预测单元对于模型的关联值。 $y$  值越大，说明预测单元的地质特征越接近模型单元地质特征，越有利于寻找该类型油藏。

### 三、模型区和最优模型公式

盆地北部三肇地区，1978年底到1980年对扶余油层进行了深入勘探。就当时已完钻的31口井统计，19口井试出油流，两口井获工业油流。

勘探业已证实，扶余油层含油范围遍布三肇地区，有一定厚度，其平均孔隙度为10%，平均渗透率在2 mD左右，孔隙半径为0.1  $\mu\text{m}$ ，孔隙储油，裂隙产油。油层自然产能较低，压裂后效果较好。构造高部位和构造低部位，都出现了大面积含油。徐家围子向斜与升西向斜相连接的部位，地震未发现断层或构造圈闭，而钻井获得了自然产能达2.2 m<sup>3</sup>/d的原油。这种情况在三肇地区常见，属典型岩性油藏。

那么控制三肇地区扶余油层岩性油藏分布的石油地质基本特征有哪些呢？

首先，岩性油藏的分布范围与其主要油源岩的排烃能力关系密切。从杨万里等所作青一段单位重量生油岩排烃克数的等值线图上看，看到扶余油层油气显示点都分布在单位排烃量为800 g/t的范围内，油田所处位置青一段排烃能力则大于1500 g/t。

第二，岩性油藏离生油凹陷中心很近。若以生油凹陷中心为圆心，岩性油藏的分布半径约在40 km范围内。据张明辉等研究，松辽盆地中部含油组合油气以短距离侧向运移为特点，一般运移距离为20—40 km，最大不超过50 km。

第三，岩性油藏中扶余油层顶板与生油凹陷中心扶余油层顶板的高差，反映了促成油气二次运移的区域构造因素，都在400 m之内。

第四，储层的岩相条件。扶余油层所在泉头组四段沉积时，由青岗、九台、保康、英台及齐齐哈尔等五条水系，组成环状泛滥平原相、三角洲分流平原相、三角洲前缘相及浅湖相等沉积相区，其中三角洲前缘相主要由分流河口砂坝、远砂坝等组成。三肇地区岩性油藏的分布，与青岗水系在末站、升平一带入湖而形成的三角洲沉积有密切关系。这里有较厚的砂体，砂岩累积厚度近20 m，而浅湖相的砂岩总厚不超过10 m。适中的砂地比值，提供了形成岩性油藏的储、盖配置条件。升平一带岩性油藏，其扶余油

层砂地比都是10—20%，砂岩（粉砂岩）体之间有泥岩相隔，油水自成系统，不能串通。砂地比达30%的三角洲前缘相，似乎不利于形成岩性油藏。泛滥平原砂地比一般为40—50%，洪积相砂地比高达70%，地下水活跃，都不适合形成岩性油藏。

第五，古地貌因素。扶余油层沉积时的地貌是高低不平的，有形成单个圈闭砂体的条件，即形成岩性油藏的条件。升平地区一些显示岩性油藏特征的钻井钻遇的泉四段，厚度较周围薄，显示古地形的局部上凸。

第六，现今局部构造因素。若具备上述若干条件，又有局部构造（背斜、断鼻或断块）重叠，则更有利于油气聚集，可能出现复合的构造岩性油藏。如升平鼻状构造上有四口井钻至扶余油层，其中升4井、升5井分别钻在南北两个局部高点上，升6井钻在东部由两条小断层组成的地垒上，这三口井均见到1 m以上的含油、油浸砂岩。肇深3井钻在南北高点间的鞍部，仅在岩屑中见有含油显示砂岩。这些都说明油气的富集受到局部构造的影响，但岩性也起到控制油气的作用，表现在厚砂层内部的油气分异，以层状油藏形式出现。

笔者归纳前述控制因素，选择了7个变量表征岩性油藏的形成条件，并提出了相应的布尔转换门槛值（表1）。这里没把物性参数列为岩性圈闭的条件，是因为已有岩性油藏均分布在物性较差、埋深大于1500 m的扶余油层中，好的物性条件并不是控制岩性油藏的必要条件。

表1 岩性油藏特征分析布尔转换门槛值

| 变量 | $x_1$       | $x_2$    | $x_3$ | $x_4$  | $x_5$          | $x_6$          | $x_7$         |
|----|-------------|----------|-------|--------|----------------|----------------|---------------|
|    | 相 区         | 砂地比 (%)  | 古地貌   | 现今局部构造 | 与生油凹陷中心距离 (km) | 扶余油层顶板相对高度 (m) | 青一段排烃能力 (g/t) |
| 1  | 三角洲前缘及分流平原  | 10—20    | 古 隆   | 有      | <30            | <400           | >1500         |
| 0  |             | 20—40    | 古 洼   | 无      | 30—50          | 400—1000       | 800—1500      |
| -1 | 泛滥平原、浅湖、洪积等 | <10或 >40 |       |        | >50            | >1000          | <800          |

笔者选择了三肇地区具有典型岩性油藏特征或兼有岩性油藏特点的16口井（它们的扶余油层单井试油产量均达100 kg/d以上），再选择几口钻遇扶余油层却毫无油气显示的井，构成模型。按布尔转换门槛值的规定，将模型钻井点的若干原始数据变为三元逻辑表达式，组成20个个体、7个变量的逻辑矩阵，用乘积平方和、乘积矩阵主分量和匹配概率矩阵主分量等三种方法求得了各变量的权系数（表2）。可以看到：

1. 乘积平方和法与乘积矩阵主分量法解得的模型基本一致。岩性油藏的分布受青一段生油岩的排烃能力、模型井点与生油凹陷中心的距离两因素的影响最大，与所在相区及上聚能力（扶余油层顶板高差）关系次之，古地貌及砂地比影响较小，局部构造关系不大。

2. 匹配概率矩阵主分量法，由于它排除了布尔转换值为“0”的不明显特征，强调“+”、“+”（即“1”、“1”）匹配和“-”、“-”匹配（即“-1”、“-1”）匹

配)的重要性,因而结果与前述两种方法有较大差别。得到的模型公式说明岩性油藏的分布与砂地比、生油岩排烃能力、相对距离、相对高度及相区位置有相近的依存关系,五项指标权系数相近,而古地貌、层部构造因素影响甚小。

表2 岩性油藏特征分析最优模型公式

| 顺 序 | 平 方 和 法 |       | 乘 积 矩 阵 主 分 量 法 |       | 匹 配 概 率 矩 阵 主 分 量 法 |       |
|-----|---------|-------|-----------------|-------|---------------------|-------|
|     | 变 量     | 权 系 数 | 变 量             | 权 系 数 | 变 量                 | 权 系 数 |
| 1   | $x_5$   | 0.182 | $x_7$           | 0.467 | $x_2$               | 0.453 |
| 2   | $x_7$   | 0.182 | $x_5$           | 0.467 | $x_7$               | 0.430 |
| 3   | $x_1$   | 0.172 | $x_1$           | 0.436 | $x_5$               | 0.430 |
| 4   | $x_6$   | 0.154 | $x_6$           | 0.395 | $x_6$               | 0.425 |
| 5   | $x_3$   | 0.121 | $x_3$           | 0.307 | $x_1$               | 0.422 |
| 6   | $x_2$   | 0.121 | $x_2$           | 0.307 | $x_4$               | 0.197 |
| 7   | $x_4$   | 0.070 | $x_4$           | 0.168 | $x_3$               | 0.166 |

#### 四、岩性油藏分布区预测

建立模型公式后,将松辽盆地松花江以南地区划为  $22.5\text{ km} \times 10\text{ km}$  的网格,每格 ( $225\text{ km}^2$ ) 作为一个预测单元。每个预测单元的地质变量从岩相图、地层等厚图、生油岩排烃潜力等值线图、扶余油层顶板等高线图、局部构造展布图等图件获取,按模型区的布尔转换阈值变为三元逻辑表达式。然后按下列最优模型公式计算每个预测单元对岩性油藏的关联值。乘积平方和法最优模型公式:

$$y = a_5 x_5 + a_7 x_7 + a_1 x_1 + a_6 x_6 + a_3 x_3$$

匹配概率矩阵主分量法最优模型公式:

$$y = a_2 x_2 + a_7 x_7 + a_5 x_5 + a_6 x_6 + a_1 x_1$$

以各预测单元中心点为关联值的代表点,编制两种方法的关联值等值线图(图1)。从图1看出,两种方法圈出的范围基本相似。零值线反映成熟生油岩的展布范围,负值区为没有岩性油藏希望的地带。岩性油藏分布有利区,以关联值大于模型区最大关联值的二分之一为标准;最有利区则以大于三分之二最大关

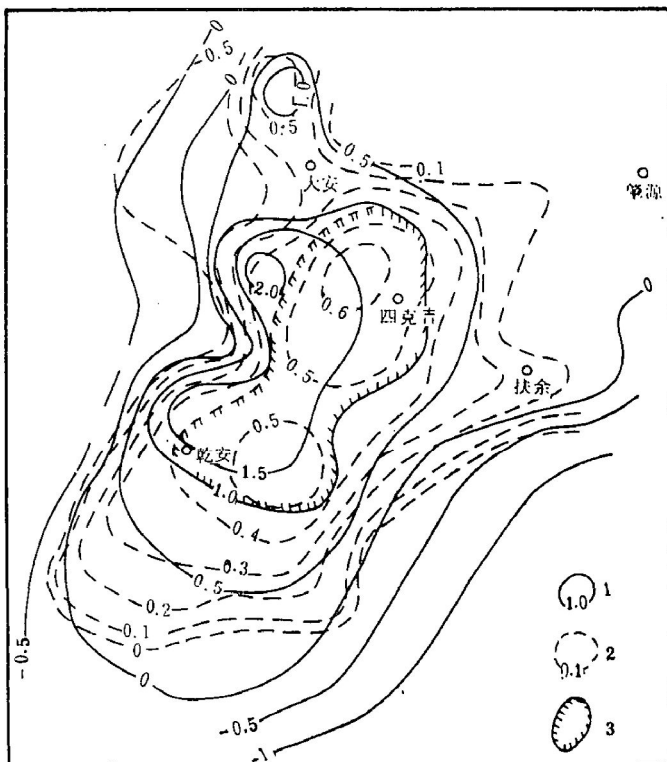


图1 松辽盆地南部扶余油层与三肇岩性油藏模型等关联值图

1—用概率矩阵主分量值计算的关联值等值线, 2—用乘积平方和值计算的关联值等值线, 3—预测的岩性油藏发育区

联值为标准。对乘积平方和法说来,有利区的关联值应大于0.4,最有利区关联值则应大于0.5;对匹配概率矩阵主分量法说来,有利区的关联值要大于1.0,最有利区的关联值应大于1.5。按此标准圈定的有利区范围有差异,取两者重叠的地段为最佳预测区。从图1看出,有利于岩性油藏分布的范围为长60 km、宽15—30 km的椭圆形地带,长轴北北东向。其东界在大坨子,西界乾安,北界新北,南界乾102井;最有利于岩性油藏分布的地区则在乾深2井到四克吉西一带。这一带相当于乾安凹陷中偏北部,保康水系的三角洲相区。

在大安西北相当于英台水系的三角洲前缘相区,以及海坨子以东匹配概率矩阵主分量法关联值大于2的区块,也是岩性油藏分布有利区,应引起注意。

在指出的远景区内,目前已找到一个构造岩性油藏。该油藏在构造圈闭内的含油面积只占油田面积的39%,而61%的含油面积处于构造圈闭之外,含油井段高差是构造闭合度的四倍,油水界面差异大。这一油藏南,新近又拿下一块含油面积,属岩性油藏。在预测的最有远景区中,预计会有新的发现。

如果对远景区继续做些细致工作,如进行储集条件(砂地比、砂岩厚度方差、砂岩粒度中值及其他结构特征)的详细分析,则可利用特征分析方法,将预测单元范围再划小些,进一步圈出岩性油藏的详查范围。

利用特征分析方法预测岩性油藏分布远景地段,仅是初步尝试。由于条件所限,研究并不太细致深入。

笔者得到中国地质科学院矿产研究所朱裕生、李纯杰同志的帮助,在此向他们致谢。

附注 本文初稿是1982年11月写的。文中预测的岩性油藏分布有利区经过勘探,已经找到新的岩性油藏,原有岩性油藏也扩大了储量。笔者认为,应用特征分析方法预测隐蔽油藏是一种行之有效的方法。

## PREDICTION OF LITHOLOGIC OIL POOLS IN FUYU MEMBER OF SOUTH SONGLIAO BASIN BY CHARACTERISTIC ANALYSIS

Pan Yuandun    Li Shusen    Liu Botu

(Research Institute of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

With zhaoyuan-zhaozhou-zhaodong Region in north Songliao Basin as a model, the authors made an optimal mathematical model of lithologic oil pools, and by this model, predicted the distribution of this kind of pools in southern Songliao Basin, pointed out two favourable regions.